

Hacia un Modelo de evaluación formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil basados en contexto

Towards an adaptive Formative Assessment Model in context-based Mobile Learning Systems

Jorge A. Muñoz Velasco¹  Carolina González Serrano¹ 

¹Grupo de Investigación en Inteligencia Computacional, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

Resumen

La evaluación formativa contribuye en la mejora del proceso educativo, ya que recopila, interpreta y usa información de forma sistemática, con el fin de verificar y proveer retroalimentación sobre el logro de los objetivos de aprendizaje. La retroalimentación, es un componente fundamental durante la evaluación formativa, ya que, a través de ella, es posible recibir información inmediata y personalizada, que permite conocer de manera oportuna los avances en términos del conocimiento adquirido, contribuyendo a la mejora en los resultados de aprendizaje y por consiguiente aportando al logro de las competencias. En la actualidad, existen soluciones que contribuyen al proceso evaluativo, pero enfocadas en campos de estudio específico, las cuales no incluyen elementos del contexto con uso de información sensorica de los dispositivos móviles para enriquecer y personalizar la retroalimentación. Este artículo presenta un Modelo Conceptual de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil, el cual, define de manera explícita los componentes conceptuales, que deben ser considerados para soportar procesos de evaluación formativa. Durante la investigación se desarrolló un prototipo de Servicio Web, basado en el modelo propuesto e integrado en la plataforma LMS Google Classroom que permitió brindar retroalimentación en tiempo real basada en contexto sensible. La aplicación práctica del modelo evidenció un incremento significativo en el nivel de aprendizaje de los estudiantes, sin embargo, es importante ampliar la población de estudio para generalizar los resultados.

Abstract

Formative assessment contributes to improving the educational process. It collects, interprets, and systematically uses information to verify and provide feedback on achieving learning objectives. Feedback is a fundamental component during formative assessment since, through it, it is possible to receive immediate and personalized information. This reveals, early on, progress in knowledge acquired, contributing to improving learning outcomes and thus to achieving skills. Currently, a number of solutions contribute to the assessment process. But these focus on specific fields of study, which fail to include elements of context by using sensory information from mobile devices to enrich and personalize feedback. This article presents a Conceptual Model of Formative Assessment in Mobile Learning Systems, which explicitly defines the priority components that ought to be considered to support context-based formative assessment processes. The development of a prototype Web Service, based on the proposed model and integrated into the Google Classroom LMS platform, allowed real-time context-based feedback, supporting very effectively the formative feedback process, evidencing a significant increase in student learning. It is important however to expand the study population to generalize the results.

Palabras clave: evaluación Formativa, Sistemas de Aprendizaje Móvil, Retroalimentación.

Keywords: formative Assessment, Mobile Learning Systems, Feedback.

How to cite?

Muñoz, J.A., González, C. Hacia un Modelo de evaluación formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil basados en contexto. Ingeniería y Competitividad, 2024, 26(2) e-20313159

<https://doi.org/10.25100/iyc.v26i2.13159>

Recibido: 17-08-23

Aceptado: 12-04-24

Correspondence:

cgonzals@unicauca.edu.co

Este trabajo está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-CompartirIgual4.0.



Conflicto de intereses: ninguno declarado



¿Por qué se llevó a cabo?

Los desafíos identificados en la literatura relacionados con la falta de modelos, arquitecturas y marcos de referencia para la evaluación en el campo de los Sistemas Móviles de Aprendizaje, fueron piezas fundamentales para la definición del Modelo de Evaluación Formativa MEF-SAM, que considera principalmente elementos del contexto y Procesos de retroalimentación según las características de los estudiantes.

¿Cuáles fueron los resultados más relevantes?

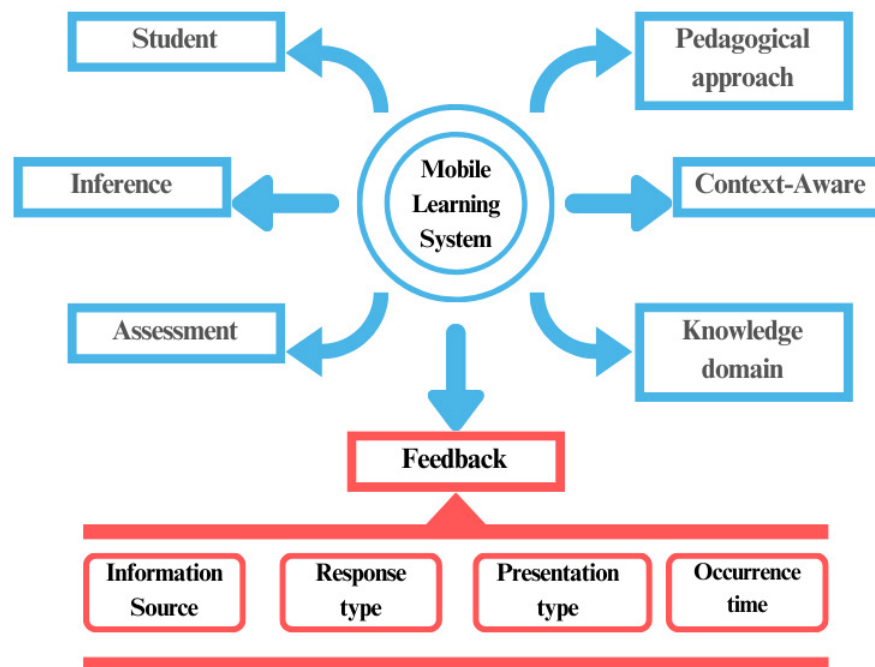
La propuesta del modelo MEF-SAM y los procesos metodológicos y de investigación utilizados para su construcción. Caracterización como fuente de insumos conceptuales (Estudiante, Inferencia, Evaluación, Enfoque Pedagógico, Contexto Sensible, Dominio del Conocimiento y Retroalimentación) para una mayor comprensión en los Sistemas Móviles de Aprendizaje. Además, se desarrolló el prototipo y su evaluación en términos de la efectividad de la retroalimentación, con el objetivo de entregar información en tiempo real para contribuir al aprendizaje de los estudiantes.

¿Qué aportan estos resultados?

Un modelo de evaluación formativa en sistemas de aprendizaje móvil MEF-SAM el cual permite soportar procesos de evaluación formativa en sistemas de aprendizaje móvil, entregando retroalimentación efectiva según las características del contexto de los estudiantes. Una web accesible integrada a la plataforma LMS GoogleClassroom que permite la entrega de retroalimentación en tiempo real y el recurso de verificación del aprendizaje alcanzado.

Graphical Abstract

Towards an adaptive Formative Assessment Model in context-based Mobile Learning Systems



Introducción

Según la UNESCO las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) podrían aumentar y enriquecer las oportunidades de aprendizaje en diferentes contextos (1). En Colombia la incorporación y uso de TIC en las aulas ha sido promovida por el Gobierno Nacional (2,3), a través de diferentes programas (4), los cuales se enfocan en la entrega de dispositivos para apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje. En consecuencia, el Plan Nacional Decenal de Educación, 2016-2026 (5) propende por el desarrollo integral de los ciudadanos y resalta que se debe aprovechar de manera transversal el potencial que tienen las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje, construcción de conocimiento e investigación e innovación. Por lo anterior, surgen los Sistemas de Aprendizaje Móvil (Mobile Learning Systems, MLS), enfocados en aprendizaje autónomo y constructivista, a través de un ambiente de participación y colaboración. Según (6), el aprendizaje móvil es la capacidad de cualquier persona de utilizar la tecnología de red móvil para acceder a información relevante o para almacenar nueva información con independencia de su ubicación física, posibilitando a los estudiantes el aprovechamiento de las ventajas de las tecnologías móviles en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Los sistemas sensibles al contexto (7), consideran aspectos del contexto de aprendizaje del estudiante como: (i) perfil, (ii) recursos educativos, (iii) objetivos de aprendizaje y (iv) estrategia pedagógica; además de aspectos del contexto tecnológico relacionados con el dispositivo móvil como medio de entrega de la información (8). Cabe mencionar, que cuando se hace referencia a procesos de enseñanza-aprendizaje se hace indispensable abordar el proceso evaluativo como un mecanismo que provea una adecuada retroalimentación y garantice el logro de los objetivos de aprendizaje. El aprendizaje móvil vinculado a procesos de evaluación formativa basados en contexto potencia la comunicación docente-estudiante y fomenta la comunicación síncrona y asíncrona favoreciendo la interacción dinámica y facilitando la retroalimentación independiente de la localización, el dispositivo y el entorno físico (7). Según (9), el componente más importante del proceso de evaluación (assessment), es la retroalimentación (feedback), considerándola como el medio único y potente para alcanzar y/o mejorar los logros académicos. Una adecuada retroalimentación debe ser continua, constructiva y significativa (10), es decir, debe informar al estudiante y al profesor sobre los avances y dificultades con el objetivo de realizar una oportuna toma de decisiones sobre el plan instruccional. Diferentes estudios enfocados en el campo de la evaluación han sugerido promover mayores esfuerzos y estrategias que permitan evidenciar la efectividad del aprendizaje en procesos de evaluación continua/formativa soportados por tecnología (7-11). La literatura evidencia propuestas en dominios específicos (12-16), las cuales no consideran entidades del contexto que permitan capturar las características o situaciones de cada estudiante, limitando posibles ajustes o mejoras sobre las condiciones de evaluación y las prácticas educativas establecidas por el docente. De igual forma, la efectividad de los mecanismos de retroalimentación existentes, está sujeta a los eventos que pueda desencadenar cada estudiante, ya sea por su rendimiento, nivel de comprensión, motivación, habilidades, cambio de ubicación o características del dispositivo que usa (17,18). Considerando lo descrito anteriormente y la importancia en la integridad y dinamicidad del proceso evaluativo, la presente investigación plantea la pregunta de investigación ¿cómo soportar procesos de evaluación formativa en sistemas de aprendizaje móvil que permitan proveer retroalimentación efectiva de acuerdo a la información del contexto?

Metodología

La metodología para la creación del Modelo de Evaluación Formativa (MEF-SAM) se basó en la adaptación del método cualitativo para la creación de marcos de trabajo conceptuales (19). MEF-SAM es un modelo conceptual, que provee a los investigadores y desarrolladores una visión general acerca de los elementos esenciales que deben ser considerados en el desarrollo de procesos de evaluación formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil. Para la obtención de los resultados se siguieron las etapas descritas a continuación:

Etapa 1: revisión bibliográfica y análisis de datos provenientes de diversas fuentes de acceso institucional como Scopus, Science Direct, IEEE Xplore y ACM Digital Library. La cadena de búsqueda refinada correspondió al alcance de la investigación y a los términos más relevantes y cercanos a los estudios que se pretendían investigar: (Evaluation OR Assessment Formative OR Feedback) AND (Model OR System) AND (Mobile Learning OR mlearning) AND (Context-Aware OR Context awareness). El estudio fue guiado por preguntas específicas de investigación como: (i) ¿Cuáles son las investigaciones desarrolladas alrededor de Sistemas de Aprendizaje Móvil sensibles al contexto?, (ii) ¿Cuáles son los Sistemas de Aprendizaje Móvil sensibles al contexto que consideran procesos de evaluación?, (iii) ¿Cuáles entidades del contexto son utilizadas en los sistemas encontrados que incluyen evaluación?, (iv) ¿Cuáles son las técnicas de razonamiento consideradas con fines de retroalimentación en los sistemas que incluyen evaluación? Y (v) ¿Cuáles son los componentes de modelado en los sistemas que incluyen evaluación?

Etapa 2: definición del modelo MEF-SAM se basa en el método cualitativo para la creación de marcos de trabajo conceptuales (19), el cual incluye (i) análisis de fuentes de información; (ii) selección, agrupamiento e integración de conceptos (nuevos y existentes) y (iii) construcción del modelo y su formalización.

Etapa 3: adaptación e implementación de un prototipo software con base en los conceptos definidos en el modelo MEF-SAM, haciendo uso de la plataforma Google Classroom, una aplicación móvil Android y un servicio de base de datos en la nube. El desarrollo del prototipo se realizó haciendo uso de SCRUM (20) considerando tres eventos: (i) planeación, (ii) ejecución de sprints y (iii) revisión y retrospectiva.

Etapa 4: evaluación del modelo propuesto en términos de la efectividad de la retroalimentación, a través de un estudio de caso siguiendo el esquema metodológico de Runeson (21) y Yin (22). Para dar respuesta a las preguntas planteadas en el estudio, se presenta el análisis multimodal soportado mediante la herramienta AtlasTi (23) y el método estadístico de pruebas paramétricas (24).

Resultados

Caracterización de entidades, técnicas y componentes de modelado

A nivel de la caracterización, los estudios primarios seleccionados evidenciaron la existencia de un conjunto significativo de sistemas de aprendizaje móvil sensibles al contexto, en el marco de aprendizajes como el colaborativo, significativo e invertido. Sin embargo, solo un número mínimo de ellos estaban enfocados en el proceso de evaluación formativa para proveer retroalimentación y soporte a estudiantes y docentes con el fin de mejorar su nivel de rendimiento, alcanzar logros y tomar decisiones acerca de las rutas de aprendizaje y materiales educativos. Con respecto a la información del contexto, las entidades consideradas por diferentes investigadores de forma independiente correspondieron a: (i) tiempo, (ii) ubicación; (iii) dispositivo; (iv) características físicas y (v) perfil del estudiante, aspectos utilizados para crear y entregar materiales de aprendizaje. Sobre las técnicas de razonamiento y objetivos de medición, la literatura reporta sistemas basados en reglas, modelos teóricos ítem-respuesta, lógica difusa, algoritmos basados en factores de rendimiento, pruebas adaptativas computarizadas, priorizando como objetivo de medición en la mayoría de los estudios el nivel de conocimiento. En relación a los componentes del modelado, se evidenció que no hay consenso frente a lo que representa un modelo de evaluación, cada propuesta identificada interpreta e implementa de manera diferente el concepto de evaluación en el campo móvil, según el dominio de aplicación. En este sentido se identificaron módulos independientes considerados en cada uno de los sistemas como: entrega y adaptación de contenidos, creación y actualización del perfil del estudiante, captura y análisis de la información del contexto, almacenamiento y adaptación de preguntas de evaluación y entrega de retroalimentación en tiempo real.

Definición del modelo de evaluación MEF-SAM

La creación del modelo se fundamenta en la caracterización previamente descrita. El modelo parte de la concepción de ofrecer retroalimentación durante el proceso de evaluación. En este sentido, los trabajos revisados en el estado del arte reflejaron poco uso de la retroalimentación al considerar estrategias sumativas (7) donde solo se provee retroalimentación al final del proceso educativo. El modelo de evaluación propuesto, se basa en una estrategia formativa (7), que permite fomentar retroalimentación continua a través de la identificación de fuentes, formatos, tipos y momentos de entrega de la retroalimentación. A continuación, se describen las fases abordadas para la concepción del modelo propuesto.

Análisis de fuentes de información: en esta primera fase, se agruparon conceptualmente los elementos y características relacionadas con: entidades del contexto sensible, técnicas de razonamiento y componentes del modelado en MLS que incorporan procesos de evaluación (Ver Figura 1). El análisis permitió evidenciar que los elementos denominados "entidades del contexto" y "técnicas de razonamiento", son componentes relacionados de manera general con los módulos de captura y análisis de información, y conocimiento-rendimiento, respectivamente. Así mismo, el ejercicio individual de caracterizar las "entidades del contexto" permitió identificar las entidades más comunes como son: dispositivo, usuario, físico, tiempo y ubicación; y el conjunto de "técnicas de razonamiento", más utilizadas para medir nivel de conocimiento y nivel de rendimiento de los estudiantes.

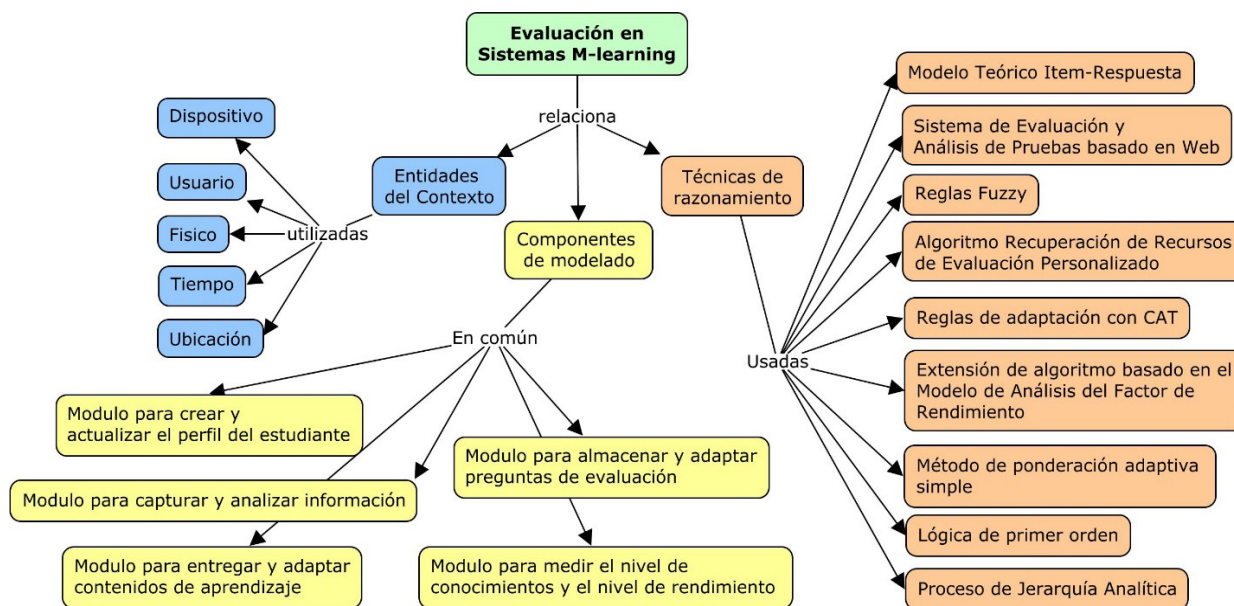


Figura 1. Elaboración propia, resultados del proceso de caracterización.

Selección y agrupamiento de conceptos

En esta fase se realizó un agrupamiento de los componentes sintetizándolos en conceptos generales (Ver figura 1). El componente entidades del contexto se definió como "Contexto Sensible" agrupando los conceptos utilizados como: dispositivo, físico y tiempo y excluyendo la entidad "usuario" debido a que su representación, relevancia y significado se representó con el concepto "Estudiante". La medición del nivel de conocimiento y el nivel de rendimiento viene dado por el uso de Técnicas de Razonamiento, siendo este componente denominado "Inferencia". Para los componentes del modelado en común, estos fueron agrupados según su funcionalidad en el concepto estudiante, inferencia, contexto sensible, evaluación y dominio de conocimiento. La tabla 1 describe el agrupamiento y síntesis de conceptos.

Tabla 1. Agrupamiento y síntesis de conceptos.

Conceptos	Componentes
Estudiante	Información básica
	Perfil de aprendizaje
Inferencia	Reglas
Contexto sensible	Dispositivo
	Físico
	Tiempo
Evaluación	Banco de preguntas
	Tipos de pregunta
Dominio de conocimiento	Contenidos aprendizaje
	Objetivos aprendizaje

Integración de nuevos conceptos

Para la generación de nuevos conceptos se llevaron a cabo dos estrategias las cuales correspondieron a: (i) grupo focal y (ii) ampliación del concepto de retroalimentación. El objetivo del grupo focal consistió en identificar los conceptos relacionados con las temáticas de estudio, entre ellas: Modelo Pedagógico, Ambientes de Aprendizaje, TIC, Evaluación, Evaluación Formativa y Retroalimentación, así mismo, corroborar la similitud, discordancia y/o ausencia con respecto a los conceptos hallados en el proceso de caracterización inicial. Para el grupo focal se definió un protocolo guía basado en (21,22) y se seleccionaron cinco expertos con título de Doctorado en Ciencias de la Educación, Magíster en Pedagogía y Tecnologías Educativas con Licenciatura y/o formación de base en el campo Ingenieril. Para el análisis de los datos recolectados, se utilizó la herramienta Atlas.ti (23). En la figura 2, se muestra la red de conceptos creados alrededor de las ideas y argumentos expresados por los entrevistados. El proceso inició con el etiquetado de las respuestas de los expertos con el objetivo de identificar conceptos en torno a la temática de estudio. Una vez terminado el proceso de etiquetado, se procesaron los conceptos para analizar el nivel de correspondencia entre ellos y el número de ocurrencias. De acuerdo a los conceptos procesados se realizaron las asociaciones respectivas teniendo en cuenta la correspondencia entre conceptos y el ámbito del problema. El concepto jerárquicamente más alto correspondió a Ambiente de Aprendizaje, del cual se desprende Sistema de Aprendizaje, y este a su vez, se relaciona con los conceptos: evaluación, profesor, modelo pedagógico, contexto sensible, estudiante y dominio de conocimiento, los cuales coinciden con los encontrados en el proceso de caracterización de la tabla 1, exceptuando el concepto de Inferencia. De igual forma, se observó que la retroalimentación es una parte fundamental asociada con tiempo de ocurrencia, tipo de retroalimentación y fuente de suministro. Adicionalmente, se generó una matriz de co-ocurrencia (Ver figura 3) a partir de un conjunto de conceptos de alta correspondencia con la problemática. La matriz contiene el número de ocurrencias entre conceptos y un grado de intensidad (con medición 0 y 1), donde 1 es el mínimo de ocurrencias entre los conceptos. Es importante resaltar que el concepto de retroalimentación muestra una mayor co-ocurrencia frente al concepto de estudiante y evaluación, lo que es lógico y relevante debido al enfoque de evaluación formativa que toma la investigación. Dos conceptos nuevos aparecen en esta etapa, los cuales corresponden a profesor y enfoque pedagógico, donde el número de ocurrencias frente al concepto de estudiante y evaluación respectivamente, son significativamente altos, por lo que fueron considerados en la creación del modelo.

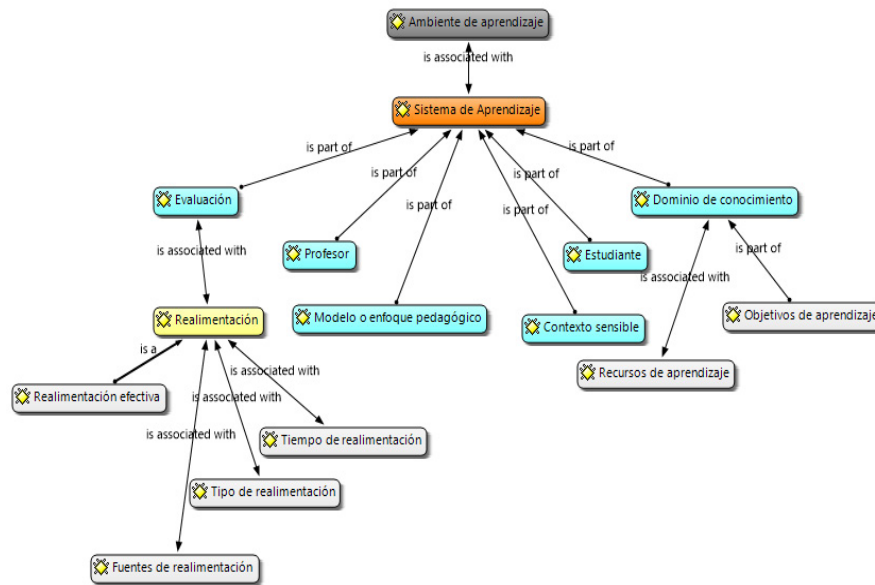


Figura 2. Red de conceptos relacionados.

	Ambiente de	Contexto sens	Dominio de ci	Estudiante	Evaluación	Modelo o enfo	Profesor	Realimentació	Sistema de Ap
Ambiente de aprendizaje		4 - 0,33	n/a	1 - 0,05	2 - 0,06	1 - 0,03	n/a	n/a	4 - 0,31
Contexto sensible	4 - 0,33		n/a	1 - 0,05	3 - 0,10	1 - 0,03	n/a	n/a	1 - 0,07
Dominio de conocimiento	n/a	n/a		n/a	1 - 0,03	1 - 0,03	n/a	n/a	n/a
Estudiante	1 - 0,05	1 - 0,05	n/a		5 - 0,14	2 - 0,05	6 - 0,30	7 - 0,21	n/a
Evaluación	2 - 0,06	3 - 0,10	1 - 0,03	5 - 0,14		5 - 0,13	2 - 0,05	7 - 0,15	1 - 0,03
Modelo o enfoque pedagógico	1 - 0,03	1 - 0,03	1 - 0,03	2 - 0,05	6 - 0,13		2 - 0,06	2 - 0,04	1 - 0,03
Profesor	n/a	n/a	n/a	6 - 0,30	2 - 0,05	2 - 0,06		4 - 0,12	n/a
Realimentación	n/a	n/a	n/a	7 - 0,21	7 - 0,15	2 - 0,04	4 - 0,12		n/a
Sistema de Aprendizaje	4 - 0,31	1 - 0,07	n/a	n/a	1 - 0,03	1 - 0,03	n/a	n/a	

Figura 3. Matriz de coocurrencia de conceptos.

En relación a la ampliación del concepto de retroalimentación, se tuvieron en cuenta las dimensiones identificadas en (25), en donde se consideran tres ejes fundamentales para la entrega de la retroalimentación basados en (i) ocurrencias, (ii) tipo de respuesta y (iii) medio de presentación. Adicionalmente, se incluyó la característica "Fuentes de Retroalimentación", asociada con: i) profesor (entrega personalizada), ii) asistente virtual iii) compañero de clase y (iv) retroalimentación propia.

Construcción del Modelo MEF-SAM

El modelo MEF-SAM se representó mediante un enfoque orientado a objetos (26), el cual es uno de los más comunes, después de las ontologías, permitiendo encapsular las partes del problema en componentes que consideran nombre, estereotipo, atributos y asociaciones entre los conceptos modelados (ver figura 4).

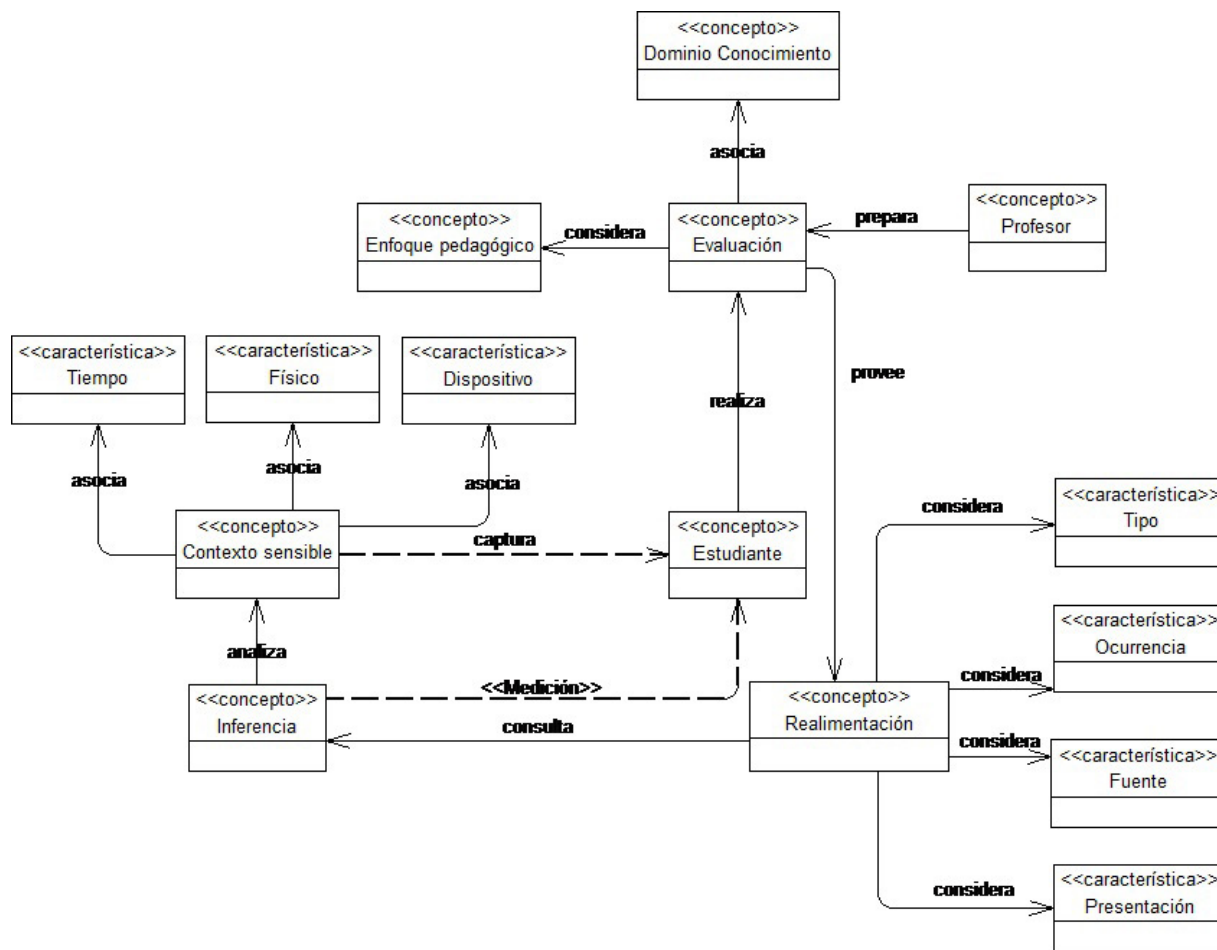


Figura 4. Modelo de Evaluación MEF-SAM

Formalización del modelo

Durante la fase de formalización, se describieron de manera detallada cada uno de los conceptos:

Estudiante: hace referencia al perfil educativo, que incluye características como estilo de aprendizaje, nivel de conocimiento y nivel de rendimiento.

Profesor: se enfoca en el tutor o asesor de un área de conocimiento, cuya función se centra en preparación de contenidos y generación del banco de preguntas. Actúa como fuente de retroalimentación y tiene responsabilidad en el proceso de toma de decisiones.

Inferencia: describe el mecanismo utilizado para analizar información durante el proceso de evaluación y tomar una decisión de entrega de retroalimentación con base en la información del contexto de aprendizaje. Además, este concepto se vincula con el uso de técnicas de razonamiento a través de algoritmos avanzados de minería de datos, analíticas de aprendizaje, entre otros.

Enfoque Pedagógico: permite orientar al profesor sobre las prácticas educativas y describe las formas sistemáticas para aplicar las ideas y actividades. Especialmente, hace hincapié en el proceso de evaluación formativa que garantice la comprensión de las temáticas y el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje.

Dominio de Conocimiento: representa las áreas de conocimiento que pretenden ser abordadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Contexto sensible: describe las entidades del contexto que se consideran alrededor del proceso evaluativo. La información del contexto es representada por entidades y sus características respectivas, junto al concepto de inferencia permiten gestionar las entregas de retroalimentación más adecuadas de acuerdo a los datos capturados por los sensores del dispositivo móvil. Las entidades del contexto sensible consideradas corresponden a: dispositivo (conectividad de red, costo de comunicación y banda ancha), físico (nivel de ruido, iluminación y temperatura) y tiempo (fecha, tiempo de duración de la actividad).

Evaluación: el concepto de evaluación representa los contenidos a evaluar, el banco de preguntas y los mecanismos para proveer retroalimentación de acuerdo al proceso de aprendizaje del estudiante. Es gestionado por el profesor a través del sistema de aprendizaje móvil y se relaciona directamente con el dominio de conocimiento y la retroalimentación.

Retroalimentación: es un concepto que está estrechamente relacionado con las reglas de inferencia, y a su vez, con el contexto sensible, con el fin de soportar el proceso de evaluación entregando retroalimentación efectiva al estudiante. La retroalimentación es el concepto más representativo del modelo MEF-SAM, mediante el cual se pretende dar soporte al estudiante con base en las dimensiones propuestas por (23), las cuales corresponden a: nivel de respuesta (respuesta contingente, tema contingente, de conocimiento correcto, hasta que sea correcto y de conocimiento de respuesta), nivel de presentación (audio, texto, imagen o video), nivel de ocurrencia (acumulativo o inmediato) y de fuentes de retroalimentación, esta última dimensión, es una nueva dimensión que considera elementos como tutor o profesor (entrega personalizada), asistente virtual, compañero de clase y retroalimentación propia.

Adaptación e implementación del prototipo software

La literatura científica evidenció la carencia de herramientas móviles para apoyar procesos de retroalimentación en tiempo real incorporando elementos del contexto. De las herramientas software identificadas, la mayoría fueron descartadas por el presente estudio, dada su complejidad para realizar procesos de adaptación y el tipo de licenciamiento. De este modo, la plataforma de aprendizaje Classroom fue escogida, la cual cuenta con versión web y móvil para soportar procesos de enseñanza-aprendizaje- evaluación, facilitando el proceso de mapeo de la mayor cantidad de conceptos del modelo MEF-SAM. En la tabla 2 se describen cada uno de los conceptos del modelo y su respectivo componente en Classroom.

Tabla 2. Conceptos y componentes relacionados a Google Classroom.

Concepto MEF-SAM	Componente Classroom	Observación
Enfoque Pedagógico	Aprendizaje Semipresencial, Aprendizaje Móvil, Aprendizaje Invertido, entre otros.	Permite desplegar diferentes enfoques de aprendizaje, entre ellos, el Aprendizaje Móvil al disponer de una aplicación para dispositivos móviles.
Dominio de conocimiento	Variado o diverso.	Se pueden configurar diferentes materiales o contenidos de aprendizaje independiente del dominio de conocimiento.
Profesor	Creador y gestor	Permite al docente tener control del espacio educativo desde la creación, edición y eliminación de materiales.
Estudiante	Asistente y participante	Permite al estudiante interactuar con materiales educativos y presentar pruebas.
Evaluación	Cuestionarios	Permite vincular cuestionarios de evaluación con diferentes tipos de preguntas y retroalimentación solo al final del cuestionario. En este sentido, se puede considerar que la evaluación no es formativa.
Contexto sensible	No hay correspondencia	No permite leer datos a través de sensores para temas de evaluación.
Inferencia	No hay correspondencia	No considera reglas básicas de inferencia que permitan aprovechar la información del contexto
Retroalimentación	QuizFeedback	Permite configurar retroalimentación en términos de texto y URL para cada pregunta. Pero no considera retroalimentación inmediata, solo al final del cuestionario.

Dado que no se encontró correspondencia con los conceptos de “Evaluación, Contexto sensible, Inferencia y Retroalimentación” (ver Tabla 2), se establecieron dos tareas macro a nivel de requerimientos: i) desarrollo de un formulario de evaluación que considerara las características de retroalimentación y reglas de inferencia de acuerdo al modelo propuesto y ii) desarrollo de un mecanismo de recolección de información contextual en tiempo real haciendo uso de los sensores de luz y ambiente. Los sensores se utilizaron con el fin de capturar la intensidad lumínica y el ruido del ambiente para determinar qué tipo de materiales multimedia se entregaban en la retroalimentación. Para la entrega multimedia se utilizó reglas de inferencia condicional de acuerdo con la especificación de la W3C (27) que permitió definir un conjunto de rangos ($20 \leq L < 100$: texto; $100 \leq L < 150$: imagen; $150 \leq L < 250$: video; $L \geq 250$: audio), así mismo, rangos del sensor de ambiente o ruido ($R < 35$: ambiente apto para audio; $R \geq 35$: ambiente no apto para audio).

Por lo anterior, y utilizando el marco de trabajo SCRUM (18), se realizaron las tareas de desarrollo software que permitieron suplir los conceptos no presentes en el Classroom. De esta forma se contó con una aplicación para la captura y almacenamiento de la información sensorial de los dispositivos móviles (EvaluaSense-desarrollo propio) y un formulario web que consideró aspectos de retroalimentación en tiempo real.

Estudio de Caso para evaluar el modelo MEF-SAM

Diseño del estudio de caso

El diseño del estudio de caso correspondió a un único diseño tipo holístico (28), que relacionó aspectos importantes entre ellos: objetivo del estudio, preguntas de investigación, unidades de análisis, constructores y definiciones operacionales, y proposiciones teóricas. Se define un esquema metodológico siguiendo las guías expuestas por (21,22) para evaluar la efectividad de la retroalimentación en términos de los conceptos definidos en el modelo MEF-SAM se hizo uso del prototipo software desarrollado, buscando dar respuesta a las preguntas: P.I.1. ¿cuál fue el tipo de retroalimentación entregada de acuerdo a la experiencia de los estudiantes?; P.I.2. ¿cómo se consideró la entrega de retroalimentación, inmediata o tardía?; P.I.3. ¿cuáles fueron los formatos de presentación más comunes, durante la retroalimentación? y P.I.4. ¿cuál fue el nivel de aprendizaje alcanzado en términos del conocimiento obtenido con el uso del modelo formativo?

Los constructores que guiaron el estudio, principalmente enfocados en observar el nivel del aprendizaje adquirido a través del proceso de evaluación formativa y de conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes con la entrega de retroalimentación recibida durante el proceso evaluativo. Las unidades de análisis correspondieron a estudiantes de media, grado Noveno, zona urbana del Municipio de Popayán. La tabla 3 presenta una descripción de la muestra poblacional.

Tabla 3. Descripción de la muestra poblacional

Ítem	Descripción
Nombre	Institución Educativa Antonio García Paredes
Sector y zona EE	Oficial y Urbana
Jornada	Mañana y Tarde
Niveles de estudio	Preescolar, Transición, Primaria, Secundaria, Media
Ubicación	Calle 17 #12-40, La Ladera (Antigua Casona), Popayán, Cauca
Estrato socio-económico	1 y 2
Grado y número estudiantes	Grado noveno (9no). 16 estudiante en total
Número niños y niñas	7 niños y 9 niñas

Ejecución del estudio de caso

Con el objetivo de dar respuesta a las preguntas planteadas se seleccionaron instrumentos de recolección de información a nivel cualitativo y cuantitativo, como cuestionarios en línea integrados en la plataforma móvil para capturar datos suministrados por la muestra poblacional, en términos de respuestas correctas e incorrectas sobre el proceso evaluativo y encuesta de satisfacción estructurada que permitió recolectar información sobre las percepciones de los estudiantes, basados en la experiencia y elementos de retroalimentación reconocidos. Se estableció un curso virtual usando Classroom, para la disposición de los materiales de aprendizaje, formularios de evaluación y encuesta de satisfacción. Se creó un manual de usuario para guiar la realización del proceso evaluativo, teniendo en cuenta situaciones de no presencialidad causada por el COVID-19. Para el proceso de recolección de información, se contó con el apk para instalar el software en los dispositivos móviles de forma que se pudiera acceder a la información sensorial de celulares

y tabletas. Dando aplicación al modelo propuesto, se contó con un repositorio de materiales clasificados en texto, imagen, audio y video para apoyar el proceso de retroalimentación, según las características de los estudiantes. Para verificar el nivel de aprendizaje alcanzado con el modelo propuesto, se realizaron pruebas con y sin retroalimentación, analizando el conjunto de datos siguiendo el método de prueba T-Student (24), realizando cálculos estadísticos de media aritmética, desviación estándar (dispersión de datos) y coeficiente de variación (grado de variabilidad relativo).

Análisis de resultados

Una vez realizada la recolección de datos y el procesamiento de información se procedió a ejecutar los respectivos cálculos (cuantitativos) y aproximaciones (cualitativas) para dar respuesta a las preguntas definidas en el estudio de caso. La tabla 4 presenta el conjunto de conceptos sobre las opiniones de los estudiantes, en donde los aspectos asociados a la satisfacción en la evaluación, se distinguen por ser los elementos conceptuales del modelo propuesto. El concepto de "corrección en el aprendizaje", está asociado a cómo la evaluación con retroalimentación le permitió al estudiante darse cuenta de los errores y tratar de no cometerlos más adelante. Los aspectos relacionados con la insatisfacción en la evaluación, corresponden a requerimientos como: (i) presentar retroalimentación para preguntas respondidas correctamente, ii) demora en la entrega de retroalimentación como resultado de conexiones inestables y iii) pocos contenidos entregados en formato multimedia causados por mal rendimiento de los dispositivos móviles, ambiente de aprendizaje no apto y conexiones a internet poco estables.

Tabla 4. Conceptos relacionados a las opiniones de los estudiantes.

Realimentación formativa	
Satisfacción en la evaluación	Retroalimentación detallada
	Corrección en el aprendizaje
	Ocurrencia inmediata
	Formatos de presentación
No satisfacción en la evaluación	Retroalimentación en respuestas correctas
	Ocurrencia tardía
	Más tiempos de presentación

Con respecto a la respuesta a la pregunta de investigación **P.I.1.**, se pudo evidenciar que el 69 % de los estudiantes consideraron que el tipo de retroalimentación recibida según el modelo fue "Topic-contingent feedback", es decir, se indicaba la respuesta correcta y la solución para hallar la respuesta. El 31 % restante, encontraron otro tipo de retroalimentación (respuesta correcta sin información adicional, no se permitía avanzar hasta responder correctamente, etc). Para la pregunta **P.I.2.**, se encontró que el 88 % de los estudiantes hallaron respuesta inmediata durante el proceso de retroalimentación. El porcentaje restante indicaron no haber recibido retroalimentación o encontraron demoras en la respuesta. Sobre la forma de presentación de los contenidos, respuesta relacionada con la pregunta **P.I.3.**, 59 % de los estudiantes recibieron contenido en texto plano, 23 % formato video, 14 % imagen y 4 % audio. Al indagar sobre otros factores que afectaron la entrega de contenidos en diferentes formatos, se evidenciaron aspectos como: (i) lugar de evaluación, 7 % de los estudiantes tenían dificultades de conectividad, (ii) hora de la sesión, 11 % manifestaron cansancio y altos niveles de ruido en el lugar, (iii) rendimiento, 5 % de los estudiantes tuvieron problemas con sus dispositivos móviles, (iv) otras, 5 % manifestaron otras condiciones. En relación a la pregunta **P.I.4.**, se parte de la concepción de que el proceso de retroalimentación formativo influye positivamente en la evaluación y que los estudiantes que son expuestos a este tipo de procesos pueden mejorar y alcanzar

los objetivos o metas de aprendizaje. Las pruebas evidenciaron que el número promedio de respuestas correctas por estudiante, correspondió a 5/8 en el pre-test, mientras que en el post-test fue de 6/8. El Coeficiente de Correlación de Pearson (CPP) porcentual de los estudiantes respecto al número de preguntas respondidas correctamente, evidencia que la media aritmética de la primera y segunda prueba son representativos de las muestras emparejadas con un 35,88 % (Ver Tabla 5). Esto significa que los datos están dentro del marco normal de homogeneidad. La tasa de error Alpha para el análisis corresponde a 5 %. De acuerdo a los resultados presentados, se puede observar que el valor estadístico de prueba t (2.09) supera el valor crítico (1.75) y se podría afirmar que la retroalimentación entregada a los estudiantes logró mejorar el nivel del aprendizaje con un factor de confianza del 95 %.

Tabla 5. Análisis de CV porcentual

Medición	Primera prueba	Segunda prueba
Media	5.25	6.125
Varianza		1.85
Muestra	16	16
Coeficiente correlación de Pearson CCP		0.35889341
Estadístico t		2.09790314
P(T <= t) una cola		0.02663248
Valor crítico de t (una cola)		1.75305036

Discusión

Los hallazgos de la investigación evidencian con claridad que ninguna propuesta de la literatura relacionaba la información del contexto del estudiante en procesos de evaluación formativa, específicamente asociados a retroalimentación. Adicionalmente, la ejecución del grupo focal permitió identificar nuevos elementos relevantes para la definición del modelo. La consideración de diferentes vistas para el modelo propuesto, enriqueció su definición y amplió el entendimiento de los conceptos. Los análisis estadísticos aplicados permitieron evidenciar que el mecanismo basado en retroalimentación formativa con uso de contexto sensible del modelo MEF-SAM, influyó significativamente en los resultados finales de los estudiantes en términos de la efectividad de la retroalimentación, cumpliendo con el objetivo de entregar soporte en tiempo real haciendo uso de la información contextual y mejorando significativamente su aprendizaje. Sin embargo, se hace necesario realizar más evaluaciones con expertos y ampliar la muestra poblacional para corroborar los hallazgos y generalizar los resultados.

Conclusiones, limitaciones y trabajo futuro

La evaluación es un aspecto muy importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Ofrecer a los alumnos procesos de evaluación formativa adaptados a las necesidades del contexto con independencia del tiempo y lugar potencia la comunicación docente-estudiante, facilita la retroalimentación y aumenta la motivación y confianza del estudiante. Por lo tanto, la propuesta del modelo MEF-SAM como respuesta a la pregunta de investigación planteada, el desarrollo del prototipo como recurso web accesible integrado a la plataforma LMS GoogleClassroom permitiendo la entrega de retroalimentación en tiempo real y la verificación del nivel de aprendizaje alcanzado con un incremento

significativo, evidencia la relevancia de investigaciones enfocadas en apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje con uso de tecnología y basadas en lineamientos conceptuales rigurosos. Como trabajo futuro se hace necesario explorar la relación entre la información contextual, las rutas y materiales de aprendizaje. Así mismo, la definición de técnicas de razonamiento e inferencia propias del modelado con el fin de soportar adaptación y personalización en tiempo real y medir el nivel de conocimientos y rendimiento de los estudiantes.

Referencias

1. Unesco. Directrices para las políticas de aprendizaje móvil [Internet]. 2013. 1-43 p. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219662S.pdf>
2. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Tabletas para Educar [Internet]. 2016 [citado 16 de septiembre de 2018]. p. 11. Disponible en: <http://micrositios.mintic.gov.co/tabletas/>
3. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Computadores para Educar [Internet]. 2016 [citado 16 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.su/iiEqoD>
4. Merchán Cifuentes, Lady, Mesa Jiménez FY. Políticas de aprendizaje móvil en el ámbito colombiano. Boletín Redipe, ISSN-e 2256-1536, Vol 7, N° 3, 2018, págs 90-97 [Internet]. 2018;7(3):90-7. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6328408>
5. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026 [Internet]. 2017. Disponible en: <https://goo.su/iiEqoD>
6. Herrera S, Fennema M. Tecnologías móviles aplicadas a la educación superior. XVII Congr Argentino Ciencias la Comput [Internet]. 2011;620-30. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18718>
7. Louhab FE, Bahnasse A, Talea M. Towards an Adaptive Formative Assessment in Context-Aware Mobile Learning. Procedia Comput Sci [Internet]. 2018;135:441-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.195>
8. Lupiana D. Context Modeling for Context-Aware Systems. Int J Intell Comput Res [Internet]. 2017;8(1):807-16. Disponible en: <https://doi.org/10.20533/ijicr.2042.4655.2017.0099>
9. Hattie J. Influences on student learning. Inaugural lecture given on August, 2, 1999. Inaug Lect Profr Educ Univ Auckl [Internet]. 1999;1-25. Disponible en: <https://goo.su/ZFpR>
10. Kulasegaram K, Rangachari PK. Beyond «formative»: Assessments to enrich student learning. Adv Physiol Educ [Internet]. 2018;42(1):5-14. Disponible en: <https://doi.org/10.1152/advan.00122.2017>
11. Faber JM, Visscher AJ. The effects of a digital formative assessment tool on spelling achievement: Results of a randomized experiment. Comput Educ [Internet]. 2018;122(March):1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.008>
12. González M, Benchoff D, Huapaya C, Remon C. Aprendizaje Adaptativo: Un Caso de Evaluación Personalizada. 2017;(1):65-72. Disponible en: <https://doi.org/10.24215/18509959.0.p.65-72>
13. Jaquez J, Noguez J, Aguilar-Sanchez G, Neri L, Gonzáles-Nucamendi A. TecEval : An on-line dynamic evaluation system for engineering courses available for web browsers and tablets. 2015; Disponible en: <https://doi.org/10.1109/FIE.2015.7344289>
14. Napolitano J. Adaptive Learning Technology Pilot Report [Internet]. 2017. Disponible en: <https://goo.su/wsza>

15. Wang MH, Wang CS, Lee CS, Teytaud O, Liu J, Lin SW, et al. Item response theory with fuzzy markup language for parameter estimation and validation. *IEEE Int Conf Fuzzy Syst* [Internet]. 2015;2015-Novem. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2015.7337884>
16. Nikou SA, Economides AA. A framework for mobile-assisted formative assessment to promote students' self-determination. *Futur Internet*. 2021;13(5).
17. Goldin I, Narciss S, Foltz P, Bauer M. New Directions in Formative Feedback in Interactive Learning Environments. *Int J Artif Intell Educ* [Internet]. 2017;27(3):385-92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s40593-016-0135-7>
18. Baccari S, Neji M. Design for a context-aware and collaborative mobile learning system. 2016 *IEEE Int Conf Comput Intell Comput Res ICCIC 2016* [Internet]. 2016; Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ICCIC.2016.7919578>
19. Jabareen Y. Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure. *Int J Qual Methods*. 2009;8(4):49-62.
20. Schwaber K, Beedle M. *Agile software development with Scrum*. Pearson I. Edition; 2002.
21. Runeson P, Höst M. Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empir Softw Eng* [Internet]. 2009;14(2):131-64. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8>
22. Yin RK. *Case Study Research: Design and Methods*. Vol. 5, SAGE Inc. 2009.
23. Muhr T. ATLAS/ti - A prototype for the support of text interpretation. *Qual Sociol* [Internet]. 1991;14(4):349-71. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF00989645>
24. Dietrichson A. *Métodos Cuantitativos* [Internet]. Bookdown. 2019. Disponible en: <https://bookdown.org/dietrichson/metodos-cuantitativos/>
25. Saul C, Runardotter M, Wuttke H-D. Towards Feedback Personalisation in Adaptive Assessment. *EDEN Res Work* [Internet]. 2010;42-143. Disponible en: <https://goo.su/AewYQG>
26. Sagaya Priya KS, Kalpana Y. A review on context modelling techniques in context aware computing. *Int J Eng Technol* [Internet]. 2016;8(1):429-33. Disponible en: <https://goo.su/rxrrl>
27. W3C. *Ambient Light Sensor* [Internet]. World Wide Web Consortium. 2020. Disponible en: <https://www.w3.org/TR/ambient-light/>
28. Huang S, Yin B, Liu M. Research on individualized learner model based on context-awareness. *Proc - 2017 Int Symp Educ Technol ISET 2017*. 2017;163-7.